

10/614, 865

12/04/03

19



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

0 204 126

A1

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 86105660.4

51 Int. Cl. 4: C25B 11/02

22 Anmeldetag: 24.04.86

30 Priorität: 31.05.85 DE 3519573

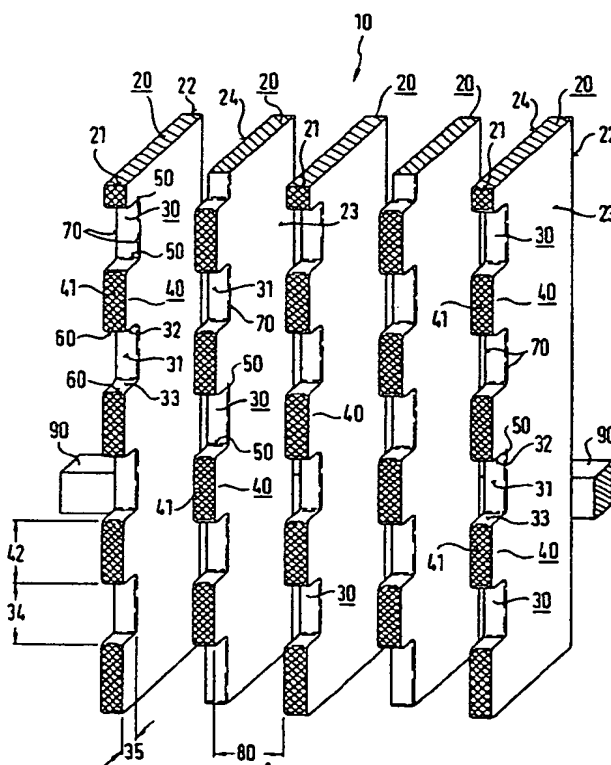
43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
10.12.86 Patentblatt 86/5084 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE71 Anmelder: Conradt GmbH & Co.  
Metallelektroden KG  
Grünthal 1-6  
D-8505 Röthenbach a.d. Pegnitz(DE)72 Erfinder: Koziol, Konrad, Dipl.-Chem.  
Kirchhoffstrasse 16  
D-8505 Röthenbach a.d. Pegnitz(DE)74 Vertreter: Lehn, Werner, Dipl.-Ing. et al  
Hoffmann, Eitle & Partner Patentanwälte  
Arabellastrasse 4 (Sternhaus)  
D-8000 München 81(DE)

## 54 Elektrode für die Membran-Elektrolyse.

57 Es handelt sich um eine Elektrode für die Membran-Elektrolyse, mit einem Elektrodenkörper, dessen Oberfläche zumindest teilweise mit einem elektrokatalytisch aktiven Überzug versehen ist.

Dabei wird der Elektrodenkörper (10) aus einer Anzahl paralleler, im Abstand voneinander angeordneter Lamellen (20) gebildet, daß die Lamellen (20) an ihren, der Membran zugewandten Stirnseiten - (21) eine Vielzahl von Ausnehmungen (30) aufweisen, und daß die Stirnflächen (41) der zwischen diesen Ausnehmungen (30) befindlichen Stege (40) nicht elektrokatalytisch aktiv beschichtet sind.

FIG.1



Xerox Copy Centre

EP 0 204 126 A1

## Elektrode für die Membran-Elektrolyse

Die Erfindung betrifft eine Elektrode für die Membran-Elektrolyse in vorzugsweise vertikalen Elektrolysezellen, mit einem Elektrodenkörper, dessen Oberfläche zumindest teilweise mit einem elektrokatalytisch aktiven Überzug versehen ist.

Derartige beschichtete Elektroden werden insbesondere als Anoden in nach dem Membranzellen-Verfahren arbeitenden Elektrolysevorrichtungen eingesetzt. Bei der Membranzellen-Technologie wird zwischen Kathode und Anode eine Ionenaustauscher-Membran angeordnet. Für Flüssigkeiten ist diese Membran undurchlässig, bestimmte Ionen hingegen können durch sie hindurch diffundieren. Das Membranverfahren zur Erzeugung von Chlor, Natron- bzw. Kalilauge und Wasserstoff gewinnt immer mehr an Bedeutung. Günstige technische Gegebenheiten durch eine breiter gewordene Palette an verschiedenen Ionenaustauschermembranen und an für unterschiedliche Anodenprozesse optimierten Coatingtypen haben der umweltfreundlichen Membranzellentechnologie inzwischen viele weitere Anwendungsgebiete erschlossen, wie z.B. die Entsalzung von Meer-, Brack- und Abwasser durch Dialyse, die Rückgewinnung von Wertstoffen aus verunreinigten Industrieabfällen und Abwässern, die Entgiftung von Abwässern und Schadstofflösungen, die Natriumsulfat-Elektrolyse zur Gewinnung von Natronlauge und Schwefelsäure, die Sulfat-Elektrolyse zur Schwefeldioxid-Verwertung aus Rauchgasen, elektrochemische Redox-Prozesse an verschiedenen anorganischen und organischen Substanzen, und Dimerisierung organischer Stoffe.

Gegenüber herkömmlichen Quecksilberzellen oder Elektrolysezellen mit Asbest-Diaphragma bietet der Einsatz von Membranen in Elektrolysezellen große Vorteile, insbesondere was die Umweltfreundlichkeit anbetrifft. Trotzdem sind noch eine Reihe von technischen und wirtschaftlichen Problemen zu lösen. Die Membran ist ein kompliziertes und sehr empfindliches Gebilde. Ihre Herstellung ist daher teuer und sie muß mit besonderer Sorgfalt behandelt werden. Die Membranzellen-Technologie erfordert deshalb vergleichsweise hohe Investitionskosten; diesen müssen entsprechend niedrige Betriebskosten gegenüberstehen, um eine befriedigende Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu erzielen. Angesichts stark gestiegener Strompreise muß ein möglichst geringer Stromverbrauch der einzelnen Elektrolysezellen angestrebt werden. Dabei steht die Erhöhung der in der Elektrolysezelle herrschenden Stromdichte sowie eine Verringerung des die Zellauslegung kennzeichnenden Spannungsbeiwertes (sogenannter k-Wert) im Vordergrund.

Gerade Membranzellen-Systeme weisen eine ausgeprägte Abhängigkeit des spezifischen Energieverbrauchs von der Stromdichte auf. Kann man sich bei den verhältnismäßig billig herzustellenden Diaphragmazellen angesichts deren hohen k-Wertes von  $0,37\text{--}0,50 \text{ V} \times \text{m}^2/\text{kA}$  mit relativ niedrigen Stromdichten im Bereich von  $2\text{--}3 \text{ kA/m}^2$  begnügen, erfordern die teureren Membranzellen dagegen wesentlich höhere Stromdichten. Es werden Stromdichten von  $3$  bis  $6 \text{ kA/m}^2$ , ja sogar bis zu  $10 \text{ kA/m}^2$  angestrebt, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen.

Die Membran als Separator zwischen den Elektroden erschwert allerdings die Anwendung hoher Betriebsstromdichten. Es ist aber nicht allein der Energieverlust in der Membran, der schwer wiegt. Zu den hohen Spannungsbeiwerten  $k$  der Hochleistungsmembranzellen, die mit  $0,35$  bis  $0,55 \text{ V} \times \text{m}^2/\text{kA}$  vier- bis siebenmal höher liegen als die der Quecksilberzellen, tragen neben dem Spannungsabfall in der Membran noch weitere Faktoren bei. Hierzu zählen:

-die vertikale Anordnung der gasentwickelnden Elektroden zu beiden Seiten der Membran, die den spannungskostenden Gasblaseneffekt erhöht

-die durch die Membran stark beeinträchtigte Stromverteilung zwischen den Elektroden, die praktisch einer Verminderung des Leiterquerschnitts des Elektrodenzwischenraumes gleichkommt

-die Adhäsion der Wasserstoffgasbläschen an der Membranoberfläche, die den Spannungsabfall erhöht

-die Bildung einer an Salz verarmten Grenzschicht anodenseitig der Membran, die in stromüberlasteten Zonen mit unzureichender  $\text{Na}^+$ -Ionenzufuhr aus dem Elektrolyten zu höheren Spannungsabfällen führt. Diese lokale Polarisation bewirkt überdies eine Verminderung der Stromausbeute

-die partiellen Verengungen und Erweiterungen des Elektrodenpals, die durch die Planheitsabweichungen der Anode, Kathode, Membran und der Dichtung bedingt sind, bewirken Unregelmäßigkeiten im Elektrolyseverlauf und Energieverluste.

Die aufgezählten, in erster Linie der Erhöhung der Stromdichte im Wege stehenden Probleme verhinderten bisher ein rasches Vordringen der umweltfreundlichen Membranzellen-Technologie. Da

aber die Form, die Abmessungen und die Ausbildung der Membran weitgehend festliegen, spielt bei der Weiterentwicklung des Membranzellen-Verfahrens die Gestaltung der Elektroden eine herausragende Rolle.

Der prinzipielle Aufbau einer Membran-Elektrolysezelle ist beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung, Veröffentlichungs-Nr. O 121 608, beschrieben. Als Anode bzw. Kathode werden dort zwei ebene flächenhafte Elektroden verwendet, zwischen denen die Membran fest eingespannt ist. Bei dieser Anordnung ist es jedoch schwierig, über die gesamte Membranfläche hinweg einen konstanten Abstand zu den Elektroden zu gewährleisten. Um Toleranzen auszugleichen, darf ein Mindestabstand zwischen Membran und Elektrode, insbesondere Anode, nicht unterschritten werden. Zur Erzielung hoher Stromdichten ist aber ein möglichst geringer Abstand wünschenswert.

In der deutschen Offenlegungsschrift 32 23 701 wird eine sichere Planparallelität der Elektrodenflächen und ein energetisch günstiger geringster Elektrodenabstand dadurch zu gewährleisten versucht, daß eine der beiden Elektroden durch Federelemente verschiebbar ist. Die dort vorgeschlagene Anordnung erfordert zusätzliche konstruktive Elemente; ein Nachlassen deren Federeigenschaften oder gar ein Verklemmen der beweglichen Teile können leicht zum Ausfall der Elektrolysezelle führen.

Bei der Elektrolysezelle gemäß der deutschen Offenlegungsschrift 31 32 947 wird die Membran mittels einer besonderen Stützkonstruktion an eine der flachen Elektroden federnd angepreßt. Zwar wird hierbei der Abstand zwischen Membran und Elektrode zu Null, die eine Seite der Membran wird jedoch von der aufliegenden Elektrode vollkommen abgedeckt. Die Membran ist nur noch einseitig mit dem Elektrolyten in Kontakt; die Versorgung mit Ionen aus dem Elektrolyten ist deshalb erschwert. Ferner können die entstehenden Gasblasen nur nach einer Seite hin entweichen. Die zusätzliche Stützkonstruktion verteuert die Elektrolysezelle beträchtlich. Überdies müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, damit die empfindliche Membran durch die federnden Elemente der Stützkonstruktion nicht verletzt wird.

Die in der deutschen Patentschrift 25 45 339 beschriebene bipolare Elektrolysezelle weist ebenfalls eine flächenhafte Elektrode auf, an der die Membran abstandslos anliegt. Die hierdurch bedingte mangelhafte Gasabführung soll durch Zwischenräume oder Öffnungen in der Elektrode verbessert werden. Insbesondere das Entweichen von Gasblasen nach oben wird durch eine derartige

ebene Elektrode mit aufliegender Membran jedoch erheblich erschwert. Außerdem sind auch hier große Teile der Membran von der Elektrolyt-Zufuhr ausgeschlossen.

In der europäischen Patentanmeldung, Veröffentlichungs-Nr. O 095 039, wird schließlich eine Elektrode mit gitterähnlichem Aufbau vorgeschlagen. Die Membran wird zwischen die Gitterstäbe der paarweise zugeordneten Elektroden eingespannt. Dies hat zur Folge, daß die dünne Membran wellenförmig zwischen den Elektroden zu liegen kommt, was zu einer völlig inhomogenen Stromdichteverteilung führt. Infolge der Auflage der Membran, sowohl auf der Anode wie auch auf der Kathode, kommen auch hier relativ große Teile der Membran nicht mit dem Elektrolyten in Berührung. Zwar können Gasblasen auf beiden Seiten der Membran entweichen, die im wesentlichen horizontale Anordnung der Gitterelemente behindert jedoch den freien Gasabzug aus den Zellen. Der Spannungsbeiwert derartiger Membran-Elektrolysezellen ist unbefriedigend.

In der europäischen Patentanmeldung, Veröffentlichungs-Nr. O 079 445, wird ebenfalls eine im Prinzip flächenhafte Elektrode vorgeschlagen. Besondere, aus der Fläche herausgebogene Erhöhungen bzw. Vertiefungen sollen den Strombedarf dieser Elektrode verringern. Diese Elektrode ist auf ihrer gesamten Oberfläche elektrokatalytisch beschichtet. Eine anliegende Ionenaustauscher-Membran würde deshalb an den Auflageflächen infolge dort auftretender Stromspitzen beschädigt werden, wollte man mit einer derartigen Elektrode die eingangs erwähnten, hohen Stromdichten realisieren. Auch ist wiederum ein hoher Anteil der elektrodenseitigen Fläche der Membran abgedeckt, was zu einer Unterversorgung mit Elektrolyt führt. Da die sehr dünne, ebene Membran auf gebogenen Flächen aufliegt, kommt es ferner lokal zu hohen mechanischen Belastungen, die die Gefahr einer Beschädigung der empfindlichen und teuren Membran mit sich bringen. Überdies setzen sich in den runden Einbuchtungen leicht Gasblasen fest, die den Stromtransport zur Elektrode empfindlich stören können. Für den Aufbau einer Membran-Elektrolysezelle mit gutem Spannungsbeiwert, die bei hohen Stromdichten betrieben werden kann, ist diese Elektrode somit wenig geeignet.

Die Vielzahl der bisher bekannten, sehr unterschiedlich gestalteten Elektroden für die Membran-Elektrolyse machen deutlich, welche Schwierigkeiten es bereitet, eine optimale Elektrodengestaltung zu finden.

Aufgabe der Erfindung ist deshalb die Schaffung einer Elektrode, die unter Vermeidung der geschilderten Nachteile für den Aufbau einer bei hohen Stromdichten sicher betreibbaren Membran-Elektrolysezelle mit gutem Spannungsbeiwert geeignet ist und die sich darüber hinaus einfach und damit kostengünstig herstellen läßt.

Diese Aufgabe wird bei einer Elektrode für die Membran-Elektrolyse, mit einem Elektrodenkörper, dessen Oberfläche zumindest teilweise mit einem elektrokatalytisch aktiven Überzug versehen ist, dadurch gelöst, daß der Elektrodenkörper aus einer Anzahl paralleler, im Abstand voneinander angeordneter Lamellen gebildet wird, daß die Lamellen an ihren, der Membran zugewandten Stirnseiten eine Vielzahl von Ausnehmungen aufweisen, und daß die Stirnflächen der zwischen diesen Ausnehmungen befindlichen Stege nicht elektrokatalytisch aktiv beschichtet sind.

Die erfindungsgemäß ausgestaltete Elektrode ist hervorragend für das Anliegen einer Ionenaustauscher-Membran geeignet. Die Membran liegt nämlich flach auf den Stirnflächen der zwischen den Ausnehmungen befindlichen Stege auf, so daß der effektive Abstand zwischen Membran und Elektrode Null ist. Dies erlaubt den Aufbau einer sogenannten "Zero-Gap-Zelle". Da die Stirnflächen der Stege, auf denen die Membran aufliegt, unbeschichtet sind, können dort auch keine Stromspitzen auftreten. Eine hierdurch bedingte Überlastung der Membran ist somit weitgehend ausgeschlossen. Die Membran ist auf ihrer gesamten Fläche an die Elektrode angelehnt. Im Gegensatz zu einer starren Einspannung der Membran erlaubt dies ein ungehindertes Arbeiten des Separators, beispielsweise bei zu niedrigem Elektrolytstand in der Zelle.

Ein wesentlicher weiterer Vorteil gegenüber herkömmlichen Elektroden besteht darin, daß die Membran weitgehend frei im Zellenraum liegt und nur zu einem sehr kleinen Teil von den Stegen des Elektrodenkörpers abgedeckt ist. Sie ist deshalb von allen Seiten hervorragend mit Elektrolyt versorgt, wodurch der erforderliche Nachschub von Ionen gewährleistet ist. Lokale Polarisationen, die die Membran beschädigen könnten, werden damit vermieden. Der Verlust an elektrokatalytisch aktiver Elektrodenfläche durch die unbeschichteten Stirnflächen der Stege ist gering, so daß sich gleichwohl mit der erfindungsgemäßen Elektrode hohe Stromdichten erreichen lassen.

Die vorgeschlagene Lamellenstruktur der Elektrode in Verbindung mit der Vielzahl von Ausnehmungen an den der Membran zugewandten Stirnseiten ermöglicht des weiteren ein rasches Entweichen von Gasblasen.

Die vorgeschlagene Elektrodengeometrie erlaubt somit den Aufbau hochwertiger Membran-Elektrolysezellen mit dem angestrebten niedrigen Spannungsbeiwert.

Eine vertikale Anordnung der Lamellen in den vertikalen Zellen fördert den Elektrolytfluß durch die Zelle von unten nach oben. Auch hinsichtlich des hohen Stromdichten entgegenwirkenden Gasblaseneffekts ist eine vertikale Zellenstruktur von Vorteil.

Zweckmäßig sind die den Elektrodenkörper bildenden Lamellen als rechteckige, ebene Platten ausgebildet. Solche Platten lassen sich einfach herstellen; außerdem können die erfindungsgemäßen Ausnehmungen leicht angebracht werden.

Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung sind die Ausnehmungen zweier benachbarter Lamellen gegeneinander versetzt angeordnet. Dies gestattet eine besonders gleichmäßige Abstützung der aufliegenden Membran.

Zweckmäßigerweise besitzen die Ausnehmungen aller Lamellen gleiche Abmessungen und sind regelmäßig angeordnet. Hierdurch wird eine besonders gleichmäßige Stromdichteverteilung erzielt.

Eine besonders gleichmäßige, mechanische und elektrische Beanspruchung der anliegenden Membran ergibt sich, wenn die Ausnehmungen zweier benachbarter Lamellen um die halbe Breite einer Ausnehmung gegeneinander versetzt angeordnet sind.

Eine ebene Ausbildung der Stirnflächen der Stege erlaubt ein planes Anliegen der Membran. Diese kann sich dann leicht gegenüber der Elektrode verschieben, beispielsweise bei Längenänderungen durch Aufnahme von Flüssigkeit oder infolge Temperaturschwankungen. Lamellen mit ebenen Stirnflächen lassen sich auch besonders einfach und kostengünstig herstellen. Die Passivierung der Stegflächen läßt sich nämlich durch einfaches Abschleifen des elektrokatalytisch aktiven Überzugs mittels eines Planschleifers beseitigen.

Rechteckige Ausnehmungen lassen sich besonders leicht in die Lamellen einarbeiten. Außerdem stehen die Böden solcher Ausnehmungen parallel zur Membran und damit auch zur Stromrichtung. Dies führt zu einer größtmöglichen, effektiven, elektrokatalytisch aktiven Oberfläche der erfindungsgemäßen Elektrode. Es sind aber auch andere, beispielsweise runde Formen der Ausnehmungen denkbar.

Zur Vermeidung von Stromspitzen können die Kanten zwischen den Böden und den Seitenflächen der Ausnehmungen sowie die Kanten zwischen den Ausnehmungen und den Stirnflächen der Stege verrundet sein. Ebenso können die Kanten zwischen den Stirnflächen der Stege und den Seitenflächen der Lamellen abgerundet sein.

In bevorzugter Ausführung der erfindungsgemäßen Elektrode entspricht die Breite der Ausnehmungen ungefähr der Breite der Stege. Diese Dimensionierung stellt einen guten Kompromiß zwischen den Forderungen nach bestmöglicher Abstützung der Membran und einer gleichzeitig, möglichst ungehinderten Versorgung mit Elektrolyt dar.

Als vorteilhaft wird eine Dimensionierung angesehen, bei der die Tiefe der Ausnehmungen geringer als deren Breite ist, und der Abstand zwischen zwei benachbarten Lamellen ungefähr der Breite der Ausnehmungen entspricht. Dabei betragen die Breite der Ausnehmungen und die Breite der Stege jeweils einige Millimeter.

Besonders hohe Stromdichten wurden bei einer Breite der Ausnehmungen und der Stege von jeweils zwischen 3 und 10 mm, insbesondere bei einer Breite von 5 mm, erzielt.

Eine Tiefe der Ausnehmungen von wenigen Millimetern genügt bereits für eine ausreichende Versorgung der Membran mit Elektrolyt. Besonders gute Ergebnisse wurden mit Ausnehmungen erzielt, deren Tiefe zwischen 2 und 4 mm betrug.

Ein ausreichender Elektrolytfluß zwischen den Lamellen ergibt sich bei einem Lamellenabstand von einigen Millimetern; bei einer besonders bevorzugten Ausführung beträgt dieser Abstand zwischen 4 und 6 mm.

In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung sind die Lamellen untereinander mit einem Stromverteiler elektrisch leitend verbunden. Ein weitgehend ungehinderter Elektrolytfluß ergibt sich bei der Anordnung eines rechteckigen Stromverteilers an der Rückseite der Lamellen.

Elektrolysezellen mit Elektrodenkörpern aus Ventilmaterial, vorzugsweise aus Titan, zeichnen sich durch eine besonders hohe Stromausbeute aus.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Ausschnitt einer erfindungsgemäßen Elektrode mit als rechteckige, ebene Platten ausgebildeten, senkrecht angeordneten Lamellen, mit versetzt angeordneten Ausnehmungen von rechteckigem Querschnitt, in einer vereinfachten perspektivischen Ansicht,

Fig. 2 einen Ausschnitt aus einer Membran-Elektrolysezelle, mit der Elektrode nach Fig. 1 als Anode, einer anliegenden Ionen-Austauschermembran sowie einer Lamellen-Kathode als Gegenelektrode, in einer schematischen perspektivischen Ansicht,

Fig. 3 einen Ausschnitt aus einer Membran-Elektrolysezelle gemäß Fig. 2, mit einer Vollblech-Kathode als Gegenelektrode,

Fig. 4 einen Ausschnitt aus einer Membran-Elektrolysezelle gemäß Fig. 2, mit einer Lochblech-Kathode als Gegenelektrode und

Fig. 5 einen Ausschnitt aus einer Membran-Elektrolysezelle gemäß Fig. 2, mit einer Streckgitter-Kathode als Gegenelektrode.

Die in Fig. 1 dargestellte Elektrode besitzt einen Elektrodenkörper 10, mit einer Anzahl senkrecht stehender, paralleler, im Abstand voneinander angeordneter Lamellen 20. Diese Lamellen 20 sind als rechteckige, ebene Platten ausgebildet. An ihren Stirnseiten 21 weisen sie eine Vielzahl gleicher Ausnehmungen 30 von rechteckigem Querschnitt auf. Zwischen den Ausnehmungen 30 befinden sich Stege 40 mit ebenen Stirnflächen 41. Die den Elektrodenkörper 10 bildenden Lamellen 20 sind aus Titan gefertigt. Mit Ausnahme der Stirnflächen 41 sind die Lamellen 20 mit einem elektrokatalytisch aktiven Überzug versehen. Die Kanten 50 zwischen den Bodenflächen 31 und den Seitenflächen 32, 33 der Ausnehmungen 30 sind verrundet. Ebenso sind die Kanten 60 zwischen den Ausnehmungen 30 und den Stirnflächen 41 sowie die Kanten 70 zwischen den Stirnflächen 41 und den Seitenflächen 23, 24 der Lamellen 20 abgerundet. Die Breite 34 der Ausnehmungen 30 entspricht der Breite 42 der Stege 40. Die Tiefe 35 der Ausnehmungen 30 ist geringer als deren Breite 34; sie beträgt ungefähr 3 mm. Die Ausnehmungen 30 aller Lamellen 20 sind regelmäßig angeordnet. Die Ausnehmungen 30 zweier benachbarter Lamellen 20 sind genau um die halbe Breite 34 gegeneinander versetzt.

Alle Lamellen 20 stehen in gleichem Abstand 80 voneinander. Der Abstand 80 beträgt ungefähr 5 mm. An ihren Rückseiten 22 sind die Lamellen 20 untereinander mit einem Stromverteiler 90 von rechteckigem Querschnitt elektrisch leitend verbunden.

In Fig. 2 ist der Aufbau einer Membran-Elektrolysezelle unter Verwendung der beschriebenen erfindungsgemäßen Elektrode gemäß Fig. 1 schematisch dargestellt. Die Lamellen 20 stehen vertikal in der Zelle und bilden die Anode. An den Stirnflächen 41 der Stege 40 liegt eine Membran 91 an. Die Gegenelektrode 92 ist als Lamellen-Kathode ausgeführt. Der Abstand zwischen der Membran 91 und der Gegenelektrode 92 beträgt wenige Millimeter.

Fig. 3 zeigt eine ähnliche Anordnung, bei der der erfindungsgemäßen Elektrode eine Vollblech-Kathode als Gegenelektrode 92 gegenübersteht.

Bei der in Fig. 4 dargestellten Membran-Elektrolysezelle wird als Gegenelektrode 92 eine Lochblech-Kathode verwendet. Diese Bauart zeichnet sich durch eine besonders günstige Stromdichteverteilung sowie eine gute Versorgung der Membran 91 aus. Auf der Anodenseite kann der flüssige

Elektrolyt durch die Zwischenräume zwischen den Lamellen 20 und deren Ausnehmungen 30 ungehindert an die Membran 91 gelangen. Kathodenseitig geschieht die Elektrolytversorgung durch die Löcher in der Gegenelektrode 92.

Fig. 5 schließlich zeigt eine Membran-Elektrolysezelle mit einer erfindungsgemäßen Elektrode als Anode sowie einer als Streckgitter-Kathode ausgebildeten Gegenelektrode 92. Die Membran 91 liegt weitgehend frei im Raum. Lediglich etwa 10 % der Membran 91 sind durch die Stirnflächen 41 der Stege 40 abgedeckt. Zusammen mit der offenen Struktur der Gegenelektrode 92 wird hierdurch eine hervorragende Nachschubmöglichkeit für  $\text{Na}^+$ -Ionen erreicht. Die vertikale Struktur der Elektrolysezelle infolge der senkrechten Anordnung der Lamellen 20 gestattet ein ungehindertes Entweichen entstehender Gasblasen nach oben.

### Ansprüche

1. Elektrode für die Membran-Elektrolyse, mit einem Elektrodenkörper, dessen Oberfläche zumindest teilweise mit einem elektrokatalytisch aktiven Überzug versehen ist, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Elektrodenkörper (10) aus einer Anzahl paralleler, im Abstand voneinander angeordneter Lamellen (20) gebildet wird, daß die Lamellen (20) an ihren, der Membran zugewandten Stirnseiten - (21) eine Vielzahl von Ausnehmungen (30) aufweisen, und daß die Stirnflächen (41) der zwischen diesen Ausnehmungen (30) befindlichen Stege - (40) nicht elektrokatalytisch aktiv beschichtet sind.
2. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Lamellen (20) vertikal angeordnet sind.
3. Elektrode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Lamellen (20) als rechteckige, ebene Platten ausgebildet sind.
4. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ausnehmungen (30) zweier benachbarter Lamellen (20) gegeneinander versetzt angeordnet sind.
5. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ausnehmungen (30) aller Lamellen (20) gleiche Abmessungen besitzen und regelmäßig angeordnet sind.
6. Elektrode nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ausnehmungen (30) zweier benachbarter Lamellen (20) um die halbe Breite (34) einer Ausnehmung (30) gegeneinander versetzt angeordnet sind.
7. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Stirnflächen - (41) der Stege (40) eben sind.

8. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ausnehmungen (30) rechteckigen Querschnitt besitzen.

9. Elektrode nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Kanten (50) zwischen den Bodenflächen (31) und den Seitenflächen (32, 33) der Ausnehmungen (30) verrundet sind.

10. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Kanten (60) zwischen den Ausnehmungen (30) und den Stirnflächen (41) der Stege (40) abgerundet sind.

11. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Kanten (70) zwischen den Stirnflächen (41) der Stege (40) und den Seitenflächen (23, 24) der Lamellen (20) abgerundet sind.

12. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Breite (34) der Ausnehmungen (30) ungefähr der Breite (42) der Stege (40) entspricht.

13. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Tiefe (35) der Ausnehmungen (30) geringer als die Breite - (34) der Ausnehmungen (30) ist.

14. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Abstand - (80) zwischen zwei benachbarten Lamellen (20) ungefähr der Breite (34) der Ausnehmungen (30) entspricht.

15. Elektrode nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Breite (34) der Ausnehmungen (30) und die Breite (42) der Stege (40) jeweils einige Millimeter betragen.

16. Elektrode nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Breite (34) der Ausnehmungen (30) und die Breite (42) der Stege (40) jeweils zwischen 3 und 10 mm betragen.

17. Elektrode nach Anspruch 16, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Breite (34) der Ausnehmungen (30) und die Breite (42) der Stege (40) jeweils ungefähr 5 mm betragen.

18. Elektrode nach Anspruch 13, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Tiefe (35) der Ausnehmungen (30) wenige Millimeter beträgt.

19. Elektrode nach Anspruch 18, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Tiefe (35) der Ausnehmungen (30) zwischen 2 und 4 mm beträgt.

20. Elektrode nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Abstand (80) zwischen den Lamellen (20) einige Millimeter beträgt.

21. Elektrode nach Anspruch 20, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Abstand (80) zwischen den Lamellen (20) ungefähr zwischen 4 und 6 mm beträgt.

22. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Lamellen - (20) untereinander mit einem Stromverteiler (90) elektrisch leitend verbunden sind.

23. Elektrode nach Anspruch 22, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Stromverteiler (90) an den Rückseiten (22) der Lamellen (20) angeordnet ist.

24. Elektrode nach Anspruch 22 oder 23, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Stromverteiler - (90) rechteckigen Querschnitt besitzt.

25. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Elektrodenkörper (10) aus einem Ventilmetal besteht.

26. Elektrode nach Anspruch 25, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Elektrodenkörper (10) aus Titan gefertigt ist.

10

15

20

25

30

35

40

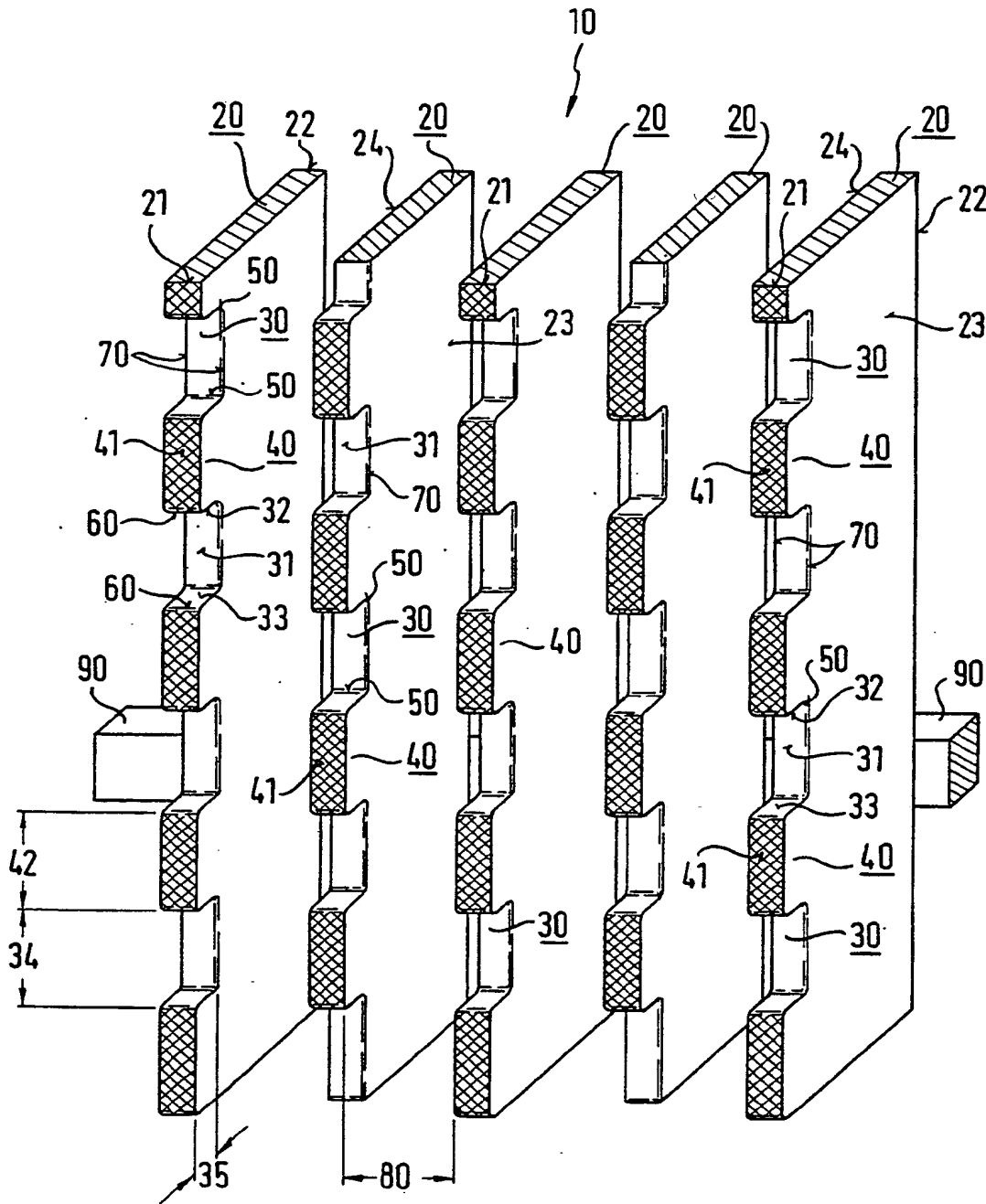
45

50

55

7

FIG. 1





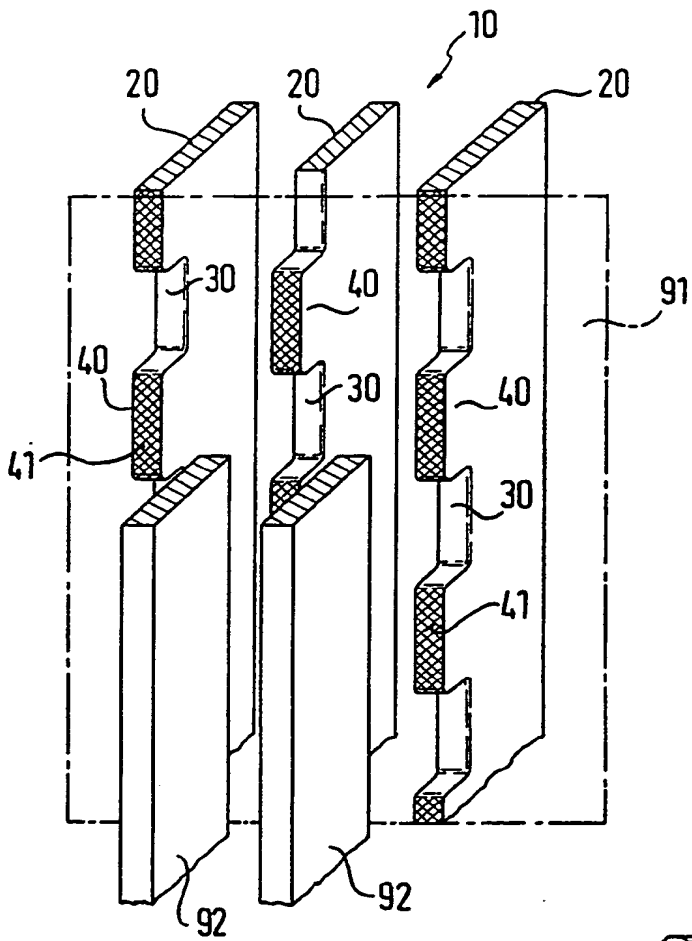
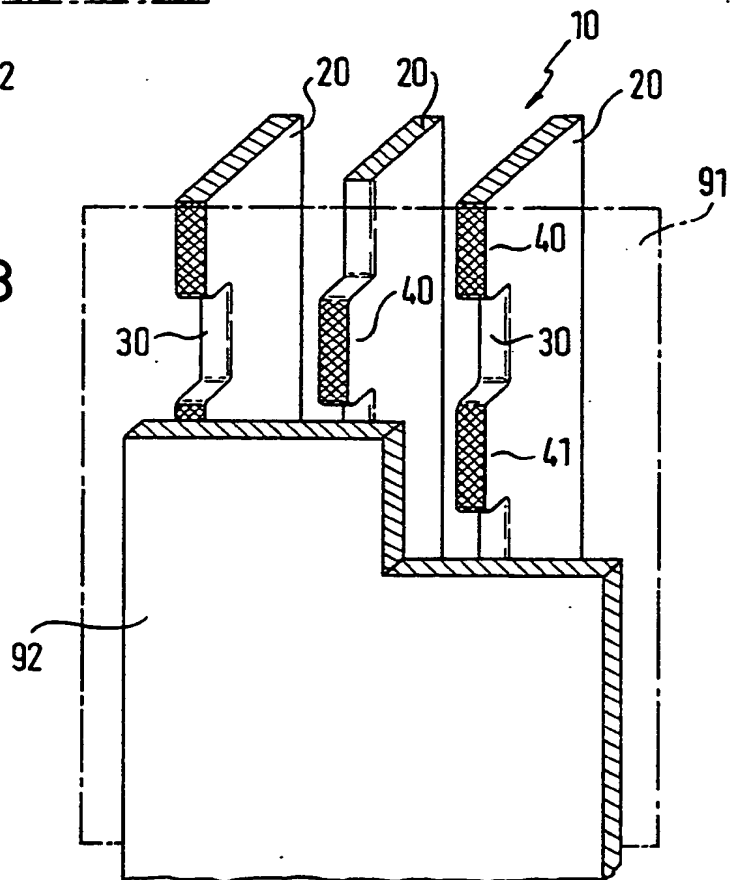
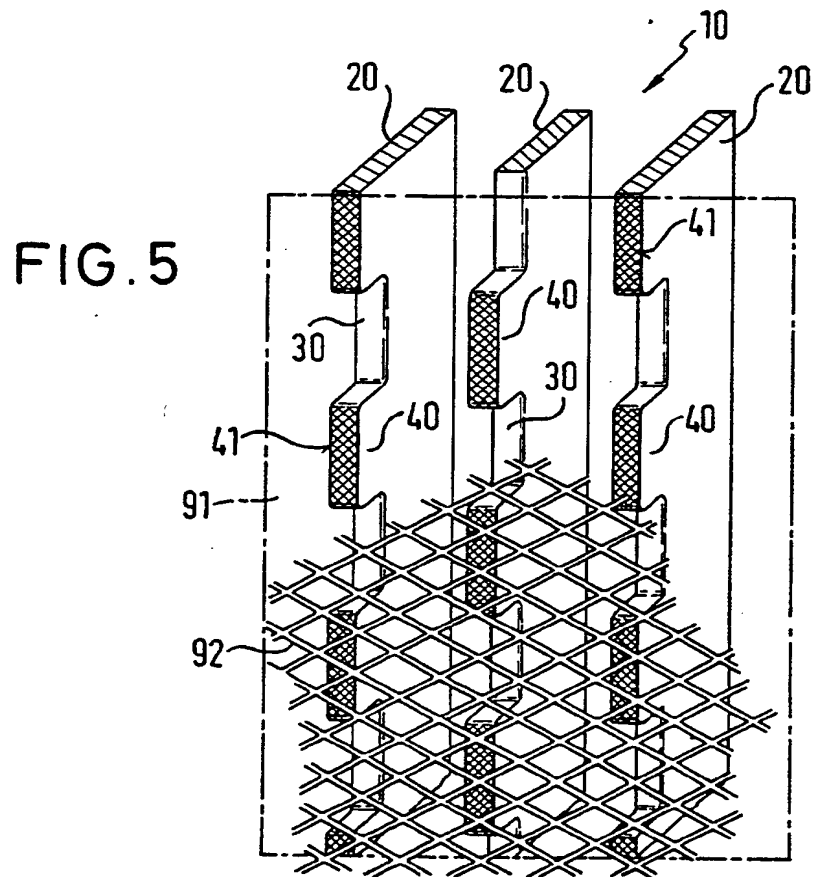
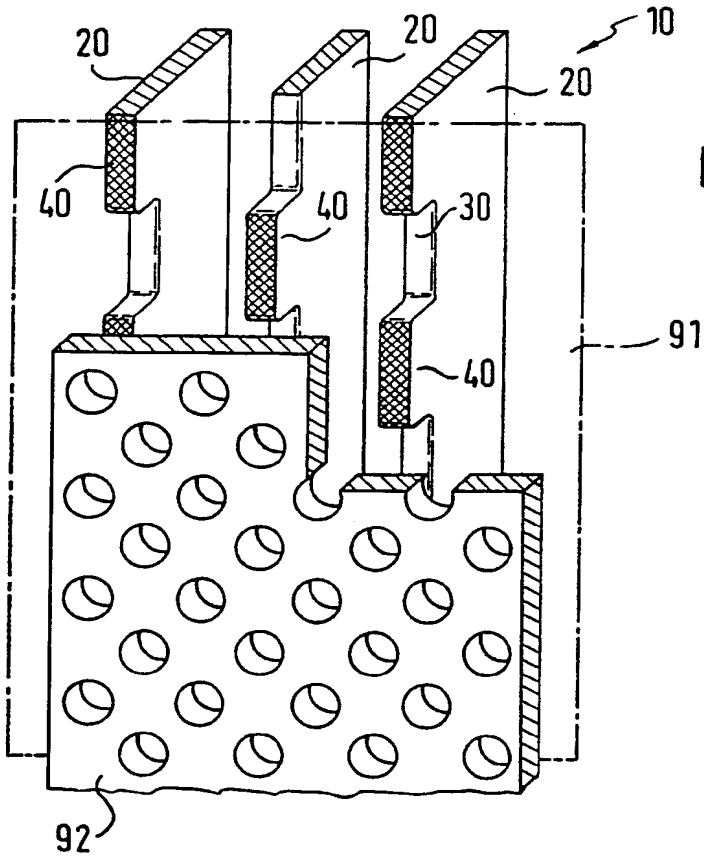


FIG. 3







Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 86 10 5660

## EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
Y	US-A-4 013 537 (D.E. WHITE) * Spalte 4, Zeilen 13-26; Figuren *	1	C 25 B 11/02
Y	US-A-4 036 717 (A.D. BABINSKY) * Spalte 6, Zeilen 24-41; Figuren 1,2 *	1	
A	FR-A-2 244 836 (ICI)  * Seite 9, Zeilen 33-38; Seite 11, Zeilen 1-15 *	1-3,20 ,22,23 ,25,26	
A	EP-A-0 045 148 (ICI) * Ansprüche; Figuren 1,2 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			C 25 B 11 C 25 B 9
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 05-09-1986	Patent GROSEILLER PH.A.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet			
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie			
A : technologischer Hintergrund			
O : nichtschriftliche Offenbarung			
P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			
E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist			
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument			
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument			
& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

